

**Vorrichtung und Verfahren zum Ladungsausgleich der in Reihe geschalteten Kondensatoren eines Doppelschichtkondensators**

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Ladungsausgleich der in Reihe geschalteten Kondensatoren eines Doppelschichtkondensators, insbesondere in einem Kraftfahrzeug-Bordnetz, nach Anspruch 1 oder 2.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Betreiben dieser Vorrichtung nach Anspruch 5.

Doppelschichtkondensatoren haben sich als sinnvollste technische Lösung zur Speicherung und Bereitstellung kurzfristig hoher Leistungen in einem Kraftfahrzeug-Bordnetz herausgestellt, beispielsweise bei der Beschleunigungsunterstützung (Boosten) der Brennkraftmaschine durch einen als Elektromotor arbeitenden integrierten Starter-Generator oder bei der Wandlung von Bewegungsenergie beim regenerativen Bremsvorgang (Rekuperation) in elektrische Energie durch den als Generator arbeitenden integrierten Starter-Generator.

Die maximale Spannung eines Einzelkondensators eines Doppelschichtkondensators ist auf etwa 2.5V bis 3.0V begrenzt, so dass für eine Spannung von beispielsweise 60V - ein typischer Spannungswert für einen in einem 42V-Bordnetz verwendeten Doppelschichtkondensator - etwa 20 bis 25 Einzelkondensatoren zu einem Kondensatorstapel in Reihe geschaltet werden müssen.

Bedingt durch unterschiedliche Selbstentladung der Einzelkondensatoren (etwa um 5% bis 8% innerhalb von 16 Stunden) baut sich im Lauf der Zeit ein Ladungsungleichgewicht im Kondensatorstapel auf, welches den Doppelschichtkondensator letztendlich unbrauchbar macht, wenn kein Ladungsausgleich vorgenommen wird. Extrapoliert man die Entladekurve auf Zeiträume von

Wochen bis Monate, die beim Kraftfahrzeug relevant sind, so wird das bestehende Problem offensichtlich.

Ein einfacher Ladungsausgleich, beispielsweise durch geringes  
5 Überladen des Stapels wie bei einem Blei-Säure-Akkumulator,  
ist bei einem Doppelschichtkondensator jedoch nicht möglich.

Aus EP 0 432 639 B2 ist bekannt, bei einer Vielzahl von in  
Reihe geschalteten Akkumulatoren einen Ladungsausgleich zwi-  
10 schen einem schwach geladenen Akkumulator und der Gruppe der  
übrigen Akkumulatoren herbeizuführen, indem für jeden Einzel-  
akkumulator des Akkumulatorstapels eine Vergleichsschaltung  
und eine Ladeschaltung, welche einen Rechteck-Funktionsgene-  
rator aufweist, sowie eine Diode, ein Transformatorm und ein  
15 Unterbrecher vorgesehen sind. Mittels dieser als Flyback-Con-  
verter (nach dem Sperrwandlerprinzip) arbeitenden Vorrichtung  
wird dem gesamten Stapel Energie entnommen und diese an-  
schließend in den am meisten entladenen Akkumulator zurückge-  
speist.

20 Dieser Aufwand mag für zwei oder drei Akkumulatoren gerecht-  
fertigt sein, für einen Stapel aus zwanzig oder mehr Akkumu-  
latoren/Kondensatoren ist er entschieden zu hoch.

25 Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung mit einem ver-  
einfachten Aufbau zu schaffen, mittels welcher ein selbstge-  
steuerter Betrieb zum Ladungsausgleich zwischen den Einzel-  
kondensatoren des Kondensatorstapels eines Doppelschichtkon-  
densators mit geringem technischem Aufwand erreicht werden  
30 kann. Aufgabe der Erfindung ist es auch, ein Verfahren zum  
Betrieb dieser Vorrichtung anzugeben, mit dessen Hilfe eine  
Funktionsüberwachung der Vorrichtung und des Kondensatorsta-  
pels vorgenommen werden kann.

35 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung ge-  
mäß den Merkmalen von Anspruch 1 oder 2 und ein Verfahren ge-  
mäß den Merkmalen von Anspruch 5 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

5 Ausführungsbeispiele nach der Erfindung werden nachstehend anhand einer schematischen Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 die Schaltung eines ersten Ausführungsbeispiels nach der Erfindung,  
10 Figur 2 Spannungsverläufe ausgewählter Punkte dieser Schaltung,  
Figur 3 Stromverläufe ausgewählter Punkte dieser Schaltung,  
Figur 4 die Schaltung eines zweiten Ausführungsbeispiels nach der Erfindung.  
15 Figur 1 zeigt die Schaltung eines ersten Ausführungsbeispiels nach der Erfindung mit einem einen positiven und einen negativen Anschluss V+ und V- aufweisenden Doppelschichtkondensator DLC, bestehend aus n in Reihe geschalteten Einzelkondensatoren C1 bis Cn.

20 Die Schaltung weist einen Flyback-Transformator Tr0 auf, dessen Primär- und Sekundärwicklung gegenphasig zueinander gewickelt sind und welcher die Funktion eines magnetischen Energiespeichers hat. Die bei den Transformatoren eingezeichneten Punkte in den Figuren 1 und 4 bezeichnen den jeweiligen Wicklungsanfang.

25 Die Primärwicklung des Flyback-Transformators Tr0 ist einerseits mit dem positiven Anschluss V+ und andererseits mit dem Drainanschluss eines beispielsweise als MOSFET ausgebildeten Schalttransistors T1 verbunden. Der Schalttransistor T1 kann jedoch auch als bipolarer Transistor mit Basis-, Emitter- und Kollektoranschluss ausgebildet sein. Der Sourceanschluss des Schalttransistors T1 ist einerseits mit dem invertierenden Eingang eines ersten Spannungskomparators KOMP1 und andererseits über einen ersten Widerstand R1 mit dem negativen An-

schluss V-, der am Bezugspotential (Masse) der Schaltung liegt, verbunden.

Der Gateanschluss des Schalttransistors T1 ist mit dem Ausgang 5 eines ersten Undgliedes UND1 verbunden, dessen einem Eingang ein Steuersignal EN zugeführt wird, welches von einer externen, nicht dargestellten Steuerungslogik geliefert wird, und dessen anderer Eingang mit dem Ausgang eines zweiten Undgliedes UND2 verbunden ist.

10

Der nichtinvertierende Eingang des ersten Spannungskomparators KOMP1 ist mit einer massebezogenen Referenzspannung Vref1 verbunden und sein Ausgang ist mit einem Eingang des zweiten Undgliedes UND2 und mit einem ersten Eingang einer Überwachungseinheit DIAG (Diagnose) verbunden.

Ein Anschluss der Sekundärwicklung des Flyback-Transformators Tr0 ist direkt, der andere Anschluss über eine erste Diode D0 und einen zweiten Widerstand R2 mit dem negativen Anschluss 20 V- verbunden. Ein erster Kondensator C0 ist einerseits mit der Katode der ersten Diode D0 und andererseits mit dem negativen Anschluss V- verbunden. Der Verbindungspunkt von Katode der ersten Diode D0 und zweitem Widerstand R2 ist mit dem invertierenden Eingang eines zweiten Spannungsvergleichers 25 KOMP2 verbunden, während dessen nichtinvertierender Eingang an der Referenzspannung Vref1 liegt.

Der Ausgang des zweiten Spannungskomparators KOMP2 ist einerseits mit dem anderen Eingang des zweiten Undgliedes UND2 und 30 andererseits mit einem zweiten Eingang der Überwachungseinheit DIAG verbunden.

Ein dritter Eingang der Überwachungseinheit DIAG ist mit dem invertierenden Eingang des zweiten Spannungskomparators KOMP2 35 verbunden und ein vierter Eingang der Überwachungseinheit DIAG liegt an einer zweiten massebezogenen Referenzspannung Vref2. Der Ausgang der Überwachungseinheit DIAG liefert ein

Statussignal ST, welches von einer externen, nicht dargestellten Auswertelogik überwacht wird, worauf später näher eingegangen wird.

- 5 Jedem Einzelkondensator C1 bis Cn des Doppelschichtkondensators DLC ist ein gleichphasig gewickelter (Primär- und Sekundärwicklung sind gleichphasig zueinander gewickelt) Einzeltransformator Tr1 bis Trn zugeordnet.
- 10 Der Wicklungsanfang der Sekundärwicklung jedes Einzeltransformators Tr1 bis Trn ist über eine Einzeldiode D1 bis Dn mit dem positiven Anschluss +C1 bis +Cn des ihm zugeordneten Einzelkondensators C1 bis Cn verbunden, während der andere Anschluss direkt mit dem anderen (negativen) Anschluss des ihm zugeordneten Einzelkondensators C1 bis Cn verbunden ist.
- 15

Die Primärwicklungen der Einzeltransformatoren Tr1 bis Trn sind parallelgeschaltet, wobei der gemeinsame Wicklungsanfang mit der Katode der ersten Diode D0 und das gemeinsame Wicklungsende mit negativen Anschluss V- (Bezugspotential) und mit dem Wicklungsende der Sekundärwicklung des Flyback-Transformators Tr0 verbunden ist. Dabei erfolgt die Verbindung des Flyback-Transformators (Tr0) mit den Einzeltransformatoren durch eine Zweidraht-Busleitung.

25 Nachstehend wird das Verfahren zum Betreiben dieser Vorrichtung anhand von in den Figuren 2a bis 2e (Spannungen) sowie 3a und 3b (Ströme) dargestellten Signalverläufen ausgewählter Punkte der Schaltung beschrieben. Angenommen ist dabei, dass die Nennspannung des Doppelschichtkondensators DLC = 10V, und die Nennspannung eines Einzelkondensators = 2.5V beträgt, mit n = 4. Ein Ladungsausgleich erfolgt hier aus der Gesamtspannung des Doppelschichtkondensators DLC, kann aber auch aus anderen Energiespeichern erfolgen, sobald welche mit dem Doppelschichtkondensator DLC verbunden sind, was jedoch in Figur 1 nicht dargestellt ist.

Mittels des bereits erwähnten Steuersignals EN (Figur 2a, Beginn zum Zeitpunkt  $t = 1\mu s$ ) wird während seiner Dauer der Schalttransistor T1 über das Undglied UND1 freigegeben (Figur 2b zeigt die Spannung am Drainanschluss des Schalttransistors T1; bis zum Zeitpunkt  $t = 1\mu s$  beträgt die Spannung am Drainanschluss +10V, im Zeitpunkt  $t = 1\mu s$  sinkt sie auf annähernd 0V). Liegen das Steuersignal EN und der Ausgang des Undgliedes UND2 auf High-Pegel, so wird Schalttransistor T1 leitend geschaltet (Figur 2e,  $t = 1\mu s$ ).

10

Es beginnt ein Strom vom positiven Anschluss V+ durch die Primärwicklung des Flyback-Transformators Tr0, durch den Schalttransistor T1 und den ersten Widerstand R1 zum negativen Anschluss V- zu fliessen (Figur 3a), wobei am ersten Widerstand R1 eine diesem Strom proportionale Spannung anliegt (Figur 2c).

Die am ersten Widerstand R1 anliegende Spannung steigt mit zunehmendem Stromfluss, also auch mit zunehmender Aufladung des Kerns des Flyback-Transformators Tr0. Erreicht sie den Wert der Referenzspannung Vref1 zum Zeitpunkt  $t \approx 2.2\mu s$ , so schaltet der Spannungskomparator KOMP1 seinen Ausgang von High- auf Low-Pegel, worauf der Ausgang des Undgliedes UND2 ebenfalls auf Low-Pegel geht und damit den Schalttransistor T1 nichtleitend schaltet. Der Spannungskomparator KOMP1 dient also zur Erfassung des Primärstroms des Flyback-Transformators Tr0.

Da nun der durch den ersten Widerstand R1 fliessende Strom rasch sinkt, verringert sich auch die an ihm anliegende Spannung und sinkt unter den Wert der Referenzspannung Vref1. Der Ausgang von KOMP1 würde nun sofort wieder auf High-Pegel gehen, wodurch Schalttransistor T1 erneut leitend geschaltet würde.

35

Um dies zu verhindern, wird der beim Ausschalten des Flyback-Transformators Tr0 an dessen Sekundärseite auftretende Span-

nungssprung detektiert und dazu verwendet, Schalttransistor T1 nichtleitend zu halten, bis sich der Flyback-Transformator Tr0 vollständig entladen hat.

- 5 Beim Nichtleitendschalten des Schalttransistors T1 steigt die Spannung der Primärseite des Flyback-Transformators Tr0 – getrieben durch die in seinem Kern gespeicherte Energie – über die Spannung am positiven Anschluss V+ hinaus an. Ebenso steigt die Spannung an dessen Sekundärseite; der von ihr verursachte Strom fliesst über die in Durchlassrichtung betriebene erste Diode D0 (Figur 2d) und erzeugt am zweiten Widerstand R2 eine proportionale Spannung, deren Anstiegsgeschwindigkeit durch die Aufladung des ersten Kondensators C0 bestimmt wird. Diese Spannung gelangt an den invertierenden
- 10 Eingang des Spannungskomparators KOMP2. Dieser dient also zur Erfassung der Sekundärspannung des Flyback-Transformators Tr0.
- 15

Solange diese Spannung grösser als die Referenzspannung Vref1 ist, schaltet der Ausgang des Spannungskomparators KOMP2 auf Low-Pegel, so dass Schalttransistor T1, über die Undglieder UND2 und UND1 nichtleitend bleibt. Erst wenn der Flyback-Transformator Tr0 vollständig entladen ist und die Spannung an seiner Sekundärseite zusammenbricht, sinkt die Spannung am invertierenden Eingang des Spannungskomparators KOMP2 unter die Referenzspannung Vref1, woraufhin dessen Ausgang auf High-Pegel geht und über die Undglieder UND2 und UND1 den Schalttransistor T1 wieder leitend steuert.

- 20
- 25
- 30 Dass die Spannung an der Sekundärwicklung des Flyback-Transformators Tr0 beim Leitendschalten des Schalttransistors T1 negativ wird, ist dabei bedeutungslos, da nun die erste Diode D0 sperrt.
- 35 Die im Flyback-Transformator Tr0 gespeicherte Energie fliesst nach dem Nichtleitendschalten des Schalttransistors T1 über die Sekundärwicklung des Flyback-Transformators Tr0 und die

erste Diode D0 zum ersten Kondensator C0 und zu den parallelgeschalteten Primärwicklungen der kleinen Einzeltransformatoren Tr1 bis Trn und von dort über deren Sekundärwicklungen sowie die Einzeldioden D1 bis Dn zu den Einzelkondensatoren 5 C1 bis Cn.

Der mit dem Nichtleitendschalten des Schalttransistors T1 verbundene rasche Stromanstieg in der Sekundärwicklung des Flyback-Transformators Tr0 lädt zunächst den ersten Kondensator C0. Dadurch erhalten die Hauptinduktivitäten der Einzeltransformatoren Tr1 bis Trn genügend Zeit zum Stromaufbau, so dass schließlich auch auf deren Sekundärseiten ein Strom fließen kann. 10

15 Auf der Sekundärseite eines Einzeltransformators, beispielsweise Tr1, entsteht somit eine Spannung, die der Summe aus Ladespannung des Einzelkondensators C1 und der Flußspannung der Einzeldiode D1 entspricht. Dies ist in gleicher Weise auch für die Sekundärspannungen der Transformatoren Tr2 bis 20 Trn der Fall. Ein typischer Wert für diese Spannung ist beispielsweise 3.2V wobei die Ladespannung von C1 2.5V betrage und die Flußspannung von D1 0.7V. Bei Verwendung von Schottkydiodeen beträgt die Diodenflußspannung nur ca. 0.3V.

25 Die Primärspannung eines jeden Einzeltransformators ist durch die jeweilige Sekundärspannung und das - für jeden Einzeltransformator Tr1 bis Trn als identisch angesetzte Übersetzungswahltnis gegeben.

30 Daraus folgt, daß sich für unterschiedliche Ladespannungen der Einzelkondensatoren C1 bis Cn auch unterschiedliche Primärspannungen der Transformatoren Tr1 bis Trn ergeben.

35 Da nun aber die Primärwicklungen sämtlicher Transformatoren Tr1 bis Trn parallel geschaltet sind, ergibt sich zwangsläufig eine einheitliche Primärspannung - und somit auch eine einheitliche Sekundärspannung.

Diese einheitliche Primärspannung wird dabei durch den Einzelkondensator, beispielsweise C1, mit der niedrigsten Ladespannung verursacht, da er ja auch die niedrigste Primärspannung an dem ihm zugeordneten Einzeltransformator Tr1 erzeugt.

5

Diese einheitliche Primärspannung liegt - mit dem reziproken Übersetzungsverhältnis der Transformatoren übersetzt - auch an den Sekundärseiten aller anderen Transformatoren Tr2 bis Trn an.

10

Da diese Spannung nun aber kleiner ist als die Summe aus Ladespannung des jeweiligen Einzelkondensators C2 bis Cn und der Flußspannung der zugeordneten Einzeldiode, werden diese Einzeldioden D2 bis Dn nicht leiten und die Einzelkondensatoren C2 bis Cn erhalten keinen Ladestrom. Vielmehr fließt der von der Sekundärseite des Flybacktransformators Tr0 kommende Strom im wesentlichen dem Einzelkondensator (C1) mit der kleinsten Spannung als Ladestrom zu.

20

Im Verlaufe des Ladevorganges wird nun die Spannung dieses Kondensators steigen und sie erreicht den Wert des Kondensators mit der zweitniedrigsten Spannung. Von nun an wird auch die diesem Kondensator zugeordnete Einzeldiode leitend und auch dieser Kondensator erhält einen Teil des Ladestromes.

25

Deshalb werden von nun an die Spannungen beider Kondensatoren ansteigen, bis ihre Spannung den Wert des Kondensators mit der dritt-niedrigsten Spannung erreicht, u.s.w..

30

Dieser Vorgang wiederholt sich, bis schließlich alle Kondensatoren C1 bis Cn des Stapels die gleiche Spannung haben. Damit ist dann der Ladevorgang abgeschlossen.

35

Mittels der Überwachungsschaltung DIAG wird die am Ausgang des Spannungskomparators KOMP1 messbare Signaldauer = Ladezeitdauer und die am Ausgang des Spannungskomparators KOMP2 messbare Signaldauer = Entladezeitdauer des Flyback-Trans-

formators Tr0 gemessen und mit vorgegebenen oberen und unteren Grenzwerten verglichen.

5 Liegen die gemessenen Dauern innerhalb der vorgegebenen Grenzwerte, so kann von einem einwandfreien Zustand des Doppelschichtkondensators DLC und der Ladungsausgleichschaltung ausgegangen werden. Funktionsfehler, wie etwa Kurzschluss oder Unterbrechung einzelner Einzelkondensatoren lassen sich auf diese Weise einfach erfassen.

10 Eine zusätzliche Messung der gleichgerichteten Sekundärspannung des Flyback-Transformators Tr0 (Figur 2d) erlaubt darüber hinaus eine Erfassung der niedrigsten Spannung eines Einzelkondensators C1 bis Cn, indem beispielsweise, in den 15 zeitlichen Dimensionen nach Figur 2d, etwa 0.2 $\mu$ s bis 1.0 $\mu$ s nach dem Anstieg der Spannung und des Einschwingvorgangs die Amplitude erfasst wird. Dieser Wert ist proportional zu der momentan kleinsten Spannung eines Einzelkondensators.

20 Ein Vergleich dieses Wertes mit vorgegebenen oberen und unteren Grenzwerten erlaubt ebenfalls eine Aussage über die Funktion des Doppelschichtkondensators DLC.

25 Der auf diese Weise erfasste Gesamtzustand des Doppelschichtkondensators DLC wird am Ausgang der Überwachungseinheit DIAG durch ein Statussignal ST mit entsprechendem Pegel dargestellt. Dieses Statussignal ST zeigt an, ob der Doppelschichtkondensator DLC fehlerfrei arbeitet oder ob eine Werkstatt zur Überprüfung oder Reparatur aufgesucht werden soll.

30 Figur 4 zeigt die Schaltung eines zweiten Ausführungsbeispiels nach der Erfindung, die im wesentlichen mit der Schaltung nach Figur 1 identisch ist, ausser dass bei ihr der Flyback-Transistor Tr0 durch eine Spule L1 ersetzt ist und 35 zusätzlich ein Transistor T2, beispielsweise ein PNP-Transistor, und ein dritter Widerstand R3, hinzugefügt sind.

Die Schaltung weist an der Stelle, an der in Figur 1 der Fly-back-Transformator Tr0 zu finden war, eine Spule L1 auf. Der eine Anschluss der Spule L1 ist mit dem positiven Anschluss V+ und der andere Anschluss einerseits mit dem Drainanschluss 5 des Schalttransistors T1 und andererseits über eine erste Diode D0 und einen dritten Widerstand R3 mit dem Emitteranschluss eines als Pegelwandler betriebenen Transistors T2 verbunden, dessen Basisanschluss mit dem positiven Anschluss V+ und dessen Kollektoranschluss mit dem zweiten Widerstand 10 R2 und dem invertierenden Eingang des Spannungskomparators KOMP2 verbunden ist. Der erste Kondensator C0 ist einerseits mit dem Katodenanschluß der ersten Diode D0 und andererseits mit dem positiven Anschluß V+ verbunden.

15 Der Anschluss der Primärwicklungen der Einzeltransformatoren Tr1 bis Trn an die Spule L1 erfolgt in der Weise, dass die miteinander verbundenen Wicklungsanfänge mit dem Verbindungs- 20 punkt von erster Diode D0 und drittem Widerstand R3 verbunden sind, und dass die miteinander verbundenen Wicklungsenden mit dem positiven Anschluss V+ verbunden sind.

Die übrige Schaltung ist, wie bereits erwähnt, mit derjenigen nach Figur 1 identisch. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel erfolgt die Verbindung der Spule (L1) mit den Einzeltransfor- 25 matoren durch eine Zweidraht-Busleitung.

Die Messung der Entladespannung der Spule L1 muss bei dieser Schaltung auf die am positiven Anschluss V+ liegende Spannung bezogen werden, was mittels des als Pegelwandler betriebenen 30 PNP-Transistors T2 erfolgt..

Ist Schalttransistor T1 leitend gesteuert und seine Drain- 35 spannung deshalb niedrig, so sperrt die erste Diode D0 und verhindert somit einen Stromfluss von der Spule L1 durch die Basis-Emitter-Diode von Transistor T2 in Sperrichtung.

Da die auf Potential des positiven Anschlusses V+ liegende Basisspannung von Transistor T2 nun höher als seine Emitterspannung ist, sperrt Transistor T2 und die Spannung an R2 bzw. am invertierenden Eingang des Spannungskomparators KOMP2 5 beträgt 0 Volt.

Springt nach dem Nichtleitendwerden des Schalttransistors T1 die Spannung an der Spule L1 über das Potential am positiven Anschluss V+, so wird die erste Diode D0 leitend und es beginnt 10 ein Strom von der Spule L1 über die erste Diode D0, den dritten Widerstand R3, Transistor T2 und den zweiten Widerstand R2 zum negativen Anschluss V- (Bezugspotential) zu fließen.

15 Dieser Strom erzeugt am zweiten Widerstand R2 eine positive Spannung, welche, wie bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 1 beschrieben, grösser als die Referenzspannung Vref1 ist, so dass der Ausgang des Spannungskomparators KOMP2 auf Low-Pegel schaltet, was letztendlich Schalttransistor T1, über die 20 Undglieder UND2 und UND1 nichtleitend schaltet.

Erst wenn die Spule L1 vollständig entladen ist, sinkt deren Entladespannung auf nahezu Bezugspotential, woraufhin der Stromfluss durch den zweiten Widerstand R2 zusammenbricht und 25 Schalttransistor T1, wie bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 1 beschrieben, wieder leitend gesteuert wird.

Die übrige Funktionsweise der Schaltung und das Verfahren zu deren Betrieb sind identisch wie bei dem Ausführungsbeispiel 30 nach Figur 1, wie bereits weiter oben beschriebenen.

**Patentansprüche**

1. Vorrichtung zum Ladungsausgleich der in Reihe geschalteten Kondensatoren eines Doppelschichtkondensators (DLC), mit je 5 einem jedem Kondensator (C1 bis Cn) zugeordneten Einzeltransformator (Tr1 bis Trn), dessen Sekundärwicklung mit dem positiven Anschluss des Kondensators über eine Einzeldiode (D1 bis Dn) und mit dem negativen Anschluss direkt verbunden ist, und mit einem Spannungskomparator,

10 dadurch gekennzeichnet,

daß ein Flyback-Transformator (Tr0) vorgesehen ist, dessen Primär- und Sekundärwicklung gegenphasig zueinander gewickelt sind, wobei das Wicklungsende dessen Primärwicklung 15 mit dem positiven Anschluss (V+) des Doppelschichtkondensators (DLC) und der Wicklungsanfang mit dem Kollektor- oder Drainanschluß eines Schalttransistors (T1) verbunden ist, dass das Wicklungsende der Sekundärwicklung des Flyback- 20 Transformators (Tr0) direkt mit dem negativen Anschluss (V-) des Doppelschichtkondensators (DLC) verbunden ist, während der Wicklungsanfang über die Reihenschaltung einer ersten Diode (D0) und eines zweiten Widerstandes (R2) mit dem negativen Anschluss (V-) des Doppelschichtkondensators 25 (DLC) verbunden ist,

dass ein erster Spannungskomparator (KOMP1) vorgesehen ist, dessen invertierender Eingang einerseits mit dem Emitter- oder Sourceanschluß des Schalttransistors (T1) und andererseits mit einem ersten Widerstand (R1) verbunden ist, 30 dessen anderer Anschluß mit dem negativen Anschluss (V-) des Doppelschichtkondensators (DLC) verbunden ist,

dass ein erstes Undglied (UND1) vorgesehen ist, dessen Ausgang mit dem Basis- oder Gateanschluß des Schalttransistors (T1) verbunden ist und dessen einem Eingang ein externes Steuersignal (EN) zugeführt wird, 35

dass ein zweites Undglied (UND2) vorgesehen ist, dessen Ausgang mit dem anderen Eingang des ersten Undgliedes (UND1)

verbunden ist, und dessen einer Eingang mit dem Ausgang des ersten Spannungskomparators (KOMP1) verbunden ist,  
dass ein zweiter Spannungskomparator (KOMP2) vorgesehen ist,  
dessen invertierender Eingang mit dem Verbindungspunkt zwischen der ersten Diode D0 und dem zweiten Widerstand (R2) verbunden ist,  
dass eine erste Referenzspannung (Vref1) vorgesehen ist, welche an die nichtinvertierenden Eingänge des ersten (KOMP1) und zweiten Spannungskomparators (KOMP2) angelegt ist,  
dass der Ausgang des zweiten Spannungskomparators (KOMP2) mit dem anderen Eingang des zweiten Undgliedes (UND2) verbunden ist,  
dass eine Überwachungseinheit (DIAG) vorgesehen ist, deren erster Eingang mit dem Ausgang des ersten Spannungsvergleichers (KOMP1) verbunden ist, deren zweiter Eingang mit dem Ausgang des zweiten Spannungskomparators (KOMP2) verbunden ist, deren dritter Eingang mit dem invertierenden Eingang des zweiten Spannungskomparators (KOMP2) verbunden ist, deren vierter Eingang an einer zweiten Referenzspannung (Vref2) liegt, und an deren Ausgang ein Statussignal (ST) abnehmbar ist,  
dass die Einzeltransformatoren (Tr1 bis Trn) gleichphasig gewickelt sind, wobei der Wicklungsanfang der Sekundärwicklung jedes Einzeltransformatoren (Tr1 bis Trn) über eine Einzeldiode (D1 bis Dn) mit dem positiven Anschluss des ihm zugeordneten Einzelkondensators (C1 bis Cn) verbunden ist, während dessen Wicklungsende direkt mit dem negativen Anschluss des ihm zugeordneten Einzelkondensators (C1 bis Cn) verbunden ist,  
dass die Primärwicklungen der Einzeltransformatoren (Tr1 bis Trn) parallelgeschaltet sind, wobei der gemeinsame Wicklungsanfang mit dem Verbindungspunkt zwischen der ersten Diode (D0) und dem zweiten Widerstand (R2) und das gemeinsame Wicklungsende mit dem negativen Anschluss (V-) und mit dem Wicklungsende der Sekundärwicklung des Flyback-Transformators (Tr0) verbunden ist.

2. Vorrichtung zum Ladungsausgleich der in Reihe geschalteten Kondensatoren eines Doppelschichtkondensators (DLC), mit je einem jedem Kondensator (C1 bis Cn) zugeordneten Einzeltransformator (Tr1 bis Trn), dessen Sekundärwicklung mit dem positiven Anschluss des Kondensators über eine Einzeldiode (D1 bis Dn) und mit dem negativen Anschluss direkt verbunden ist, und mit einem Spannungskomparator,

10 dadurch gekennzeichnet,

dass eine Spule (L1) vorgesehen ist, deren einer Anschluss mit dem positiven Anschluss (V+) des Doppelschichtkondensators (DLC) und deren anderer Anschluss einerseits mit dem 15 Kollektor- oder Drainanschluss eines Schalttransistors (T1) verbunden ist,

dass ein PNP-Transistor (T2) vorgesehen ist, dessen Basisanschluss mit dem einen Anschluss der Spule (L1) verbunden ist, dessen Emitteranschluss über einen dritten Widerstand 20 und eine erste Diode (D0) mit dem anderen Anschluss der Spule (L1) verbunden ist, und dessen Kollektoranschluss über einen zweiten Widerstand mit dem negativen Anschluss (V-) des Doppelschichtkondensators (DLC) verbunden ist, dass ein erster Spannungskomparator (KOMP1) vorgesehen ist, 25 dessen invertierender Eingang einerseits mit dem Emitter- oder Sourceanschluss des Schalttransistors (T1) und andererseits mit einem ersten Widerstand (R1) verbunden ist, dessen anderer Anschluss mit dem negativen Anschluss (V-) des Doppelschichtkondensators (DLC) verbunden ist,

30 dass ein erstes Undglied (UND1) vorgesehen ist, dessen Ausgang mit dem Basis- oder Gateanschluss des Schalttransistors (T1) verbunden ist und dessen einem Eingang ein externes Steuersignal (EN) zugeführt wird,

dass ein zweites Undglied (UND2) vorgesehen ist, dessen Ausgang 35 mit dem anderen Eingang des ersten Undgliedes (UND1) verbunden ist, und dessen einer Eingang mit dem Ausgang des ersten Spannungskomparators (KOMP1) verbunden ist,

dass ein zweiter Spannungskomparator (KOMP2) vorgesehen ist, dessen invertierender Eingang mit dem Verbindungspunkt von Kollektor des Transistors (T2) und zweitem Widerstand (R2) verbunden ist,

5 dass eine erste Referenzspannung (Vref1) vorgesehen ist, welche an die nichtinvertierenden Eingänge des ersten (KOMP1) und zweiten Spannungskomparators (KOMP2) angelegt ist,

dass der Ausgang des zweiten Spannungskomparators (KOMP2) mit dem anderen Eingang des zweiten Undgliedes (UND2) verbunden  
10 ist,

dass eine Überwachungseinheit (DIAG) vorgesehen ist, deren erster Eingang mit dem Ausgang des ersten Spannungskomparators (KOMP1) verbunden ist, deren zweiter Eingang mit dem Ausgang des zweiten Spannungskomparators (KOMP2) verbunden  
15 ist, deren dritter Eingang mit dem invertierenden Eingang des zweiten Spannungskomparators (KOMP2) verbunden ist, deren vierter Eingang an einer zweiten Referenzspannung (Vref2) liegt, und an deren Ausgang ein Statussignal (ST) abnehmbar ist,

20 dass die Einzeltransformatoren (Tr1 bis Trn) gleichphasig gewickelt sind, wobei der Wicklungsanfang der Sekundärwicklung jedes Einzeltransformatoren (Tr1 bis Trn) über eine Einzeldiode (D1 bis Dn) mit dem positiven Anschluss des ihm zugeordneten Einzelkondensators (C1 bis Cn) verbunden ist,

25 während dessen Wicklungsende direkt mit dem negativen Anschluss des ihm zugeordneten Einzelkondensators (C1 bis Cn) verbunden ist, und

dass die Primärwicklungen der Einzeltransformatoren (Tr1 bis Trn) parallelgeschaltet sind, wobei der gemeinsame Wicklungsanfang mit dem Verbindungspunkt zwischen der ersten Diode (D0) und dem dritten Widerstand (R3) und das gemeinsame Wicklungsende mit dem positiven Anschluss (V+) des Doppelschichtkondensators (DLC) und mit dem einen Anschluss  
30 der Spule (L1) verbunden ist.

35

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Einzeltransformatoren (Tr1 bis Trn) und die Einzeldioden D1 bis Dn zusammen mit den Einzelkondensatoren (C1 bis Cn) im Gehäuse des Doppelschichtkondensators (DLC) 5 angeordnet sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung des Flyback-Transformators (Tr0) 10 oder der Spule (L1) mit den Einzeltransformatoren durch eine Zweidraht-Busleitung erfolgt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass 15 ein erster Kondensator (C0) vorgesehen ist, welcher einerseits mit dem Katodenanschluß der ersten Diode (D0) und andererseits mit dem negativen Anschluß (V-) verbunden ist.

20 6. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Kondensator (C0) vorgesehen ist, welcher einerseits mit dem Katodenanschluß der ersten Diode (D0) und andererseits mit dem positiven Anschluß (V+) verbunden ist.

25 7. Verfahren zum Betreiben der Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Betrieb selbstgesteuert erfolgt, wobei Schalttransistor (T1) leitend gesteuert wird, solange ein externes Steuersignal 30 (EN) vorliegt und solange die Spannung an der Sekundärwicklung des Flyback-Transformators (Tr0) oder an der Spule (L1) unterhalb eines vorgegebenen Wertes liegt,

nichtleitend gesteuert wird, wenn der durch die Primärwicklung des Flyback-Transformators (Tr0) oder durch die Spule (L1) fließende Strom einen vorgegebenen Wert erreicht, und nichtleitend gesteuert bleibt, solange die Spannung an der

5        Sekundärwicklung des Flyback-Transformators (Tr0) oder an der Spule (L1) einen vorgegebenen Wert übersteigt oder das externe Steuersignal (EN) nicht vorliegt.

10      8. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die am Ausgang des ersten Spannungskomparators (KOMP1) messbare, der Ladezeitdauer entsprechende Signaldauer und die am Ausgang des zweiten Spannungskomparators (KOMP2) messbare, der Entladezeitdauer des Flyback-Transformators

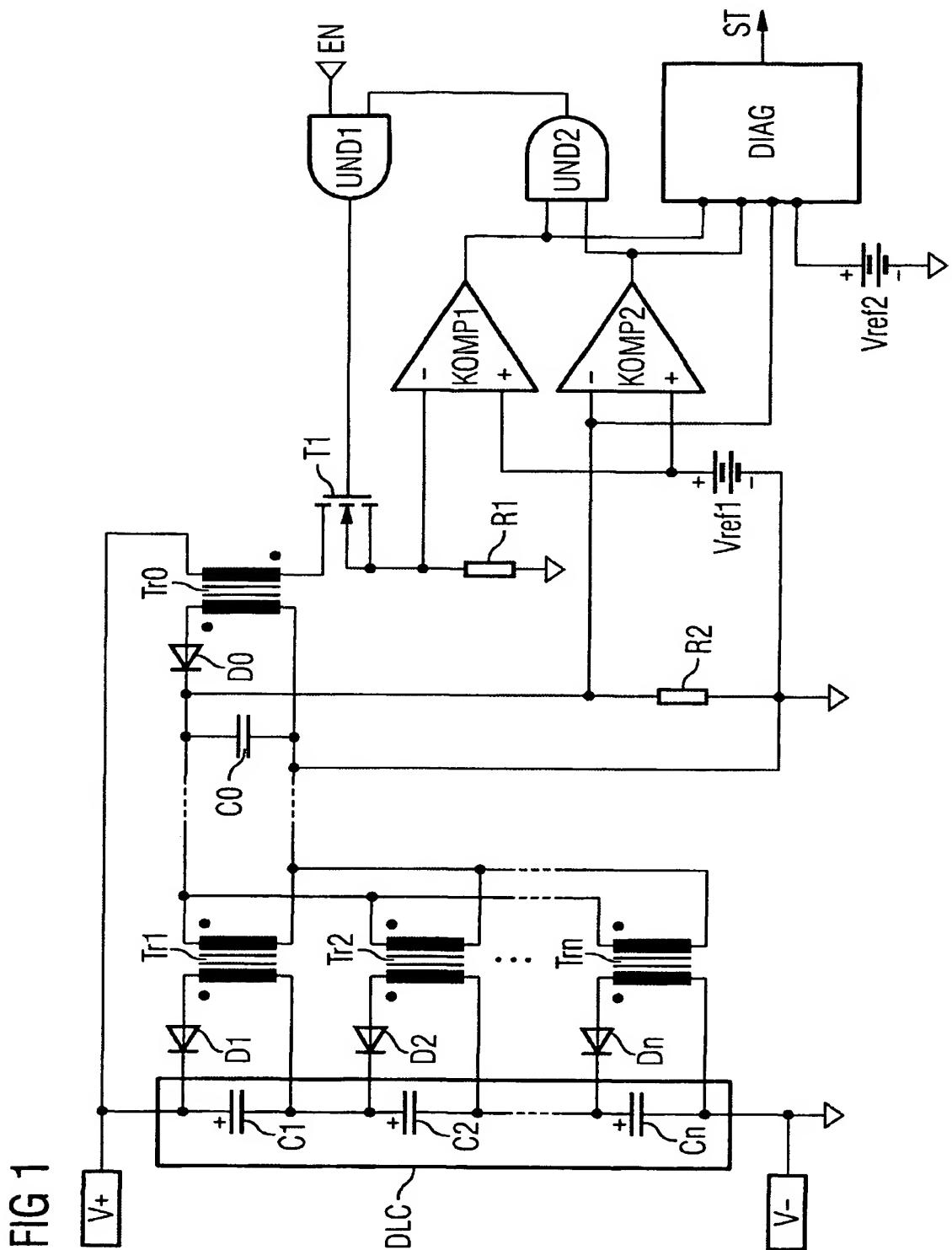
15      (Tr0) oder der Spule (L1) entsprechende Signaldauer in der Überwachungsschaltung (DIAG) jeweils mit einem oberen und einem unteren Grenzwert verglichen wird, und dass von einem einwandfreien Zustand des Doppelschichtkondensators (DLC) und der Ladungsausgleichsschaltung ausgegangen

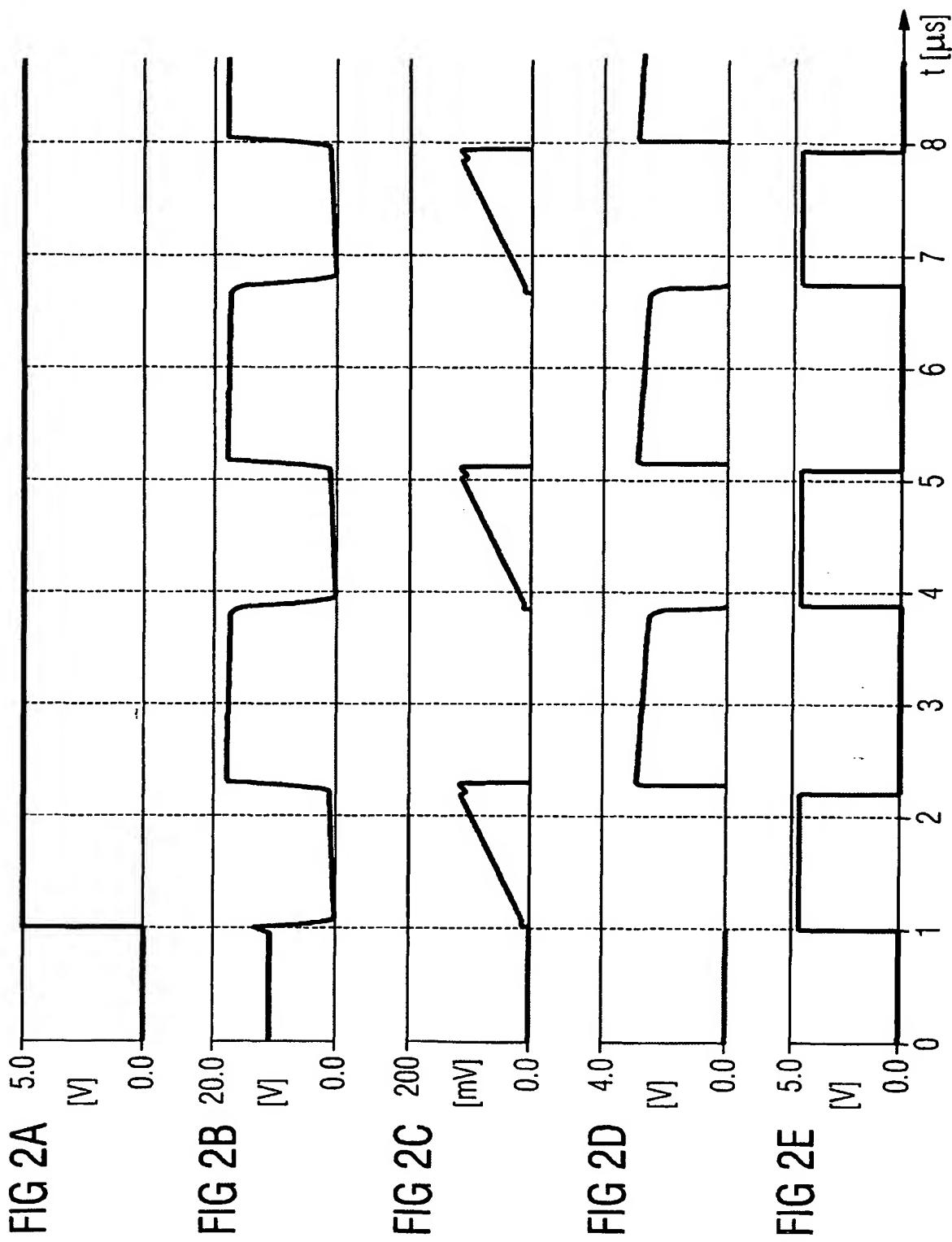
20      wird, solange die gemessenen Werte innerhalb der Grenzwerte liegen, und dass die Überwachungsschaltung (DIAG) ein diesem Zustand entsprechendes Statussignal (ST) ausgibt.

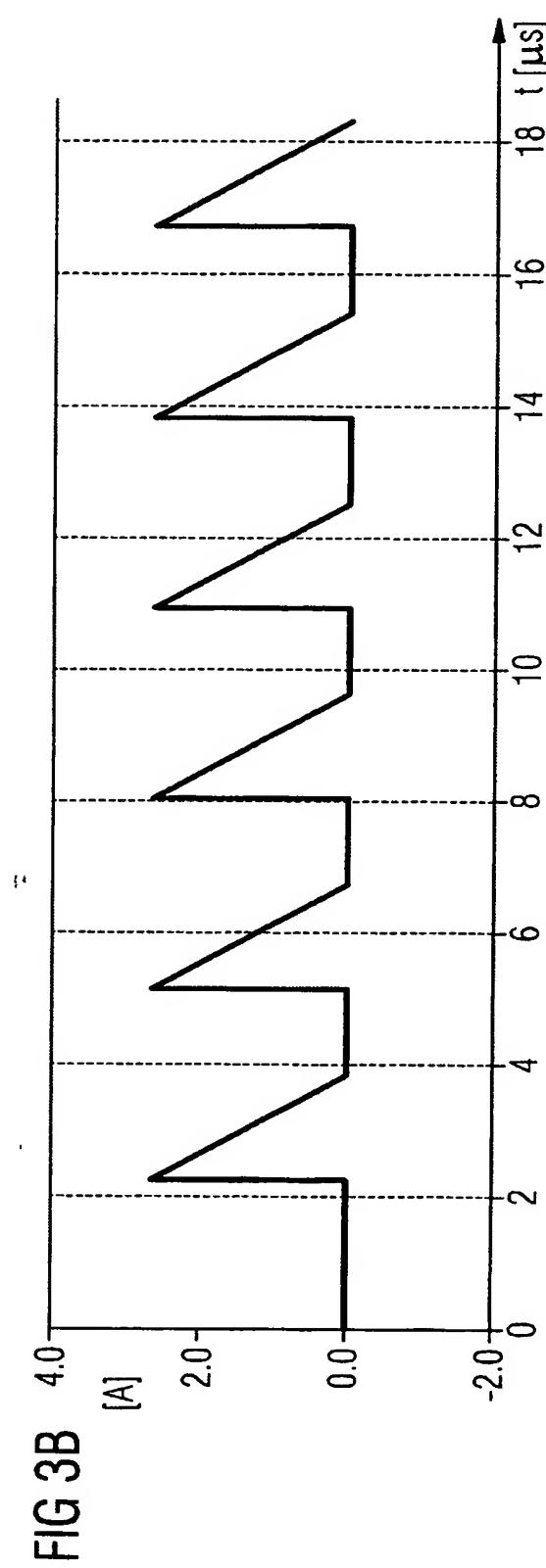
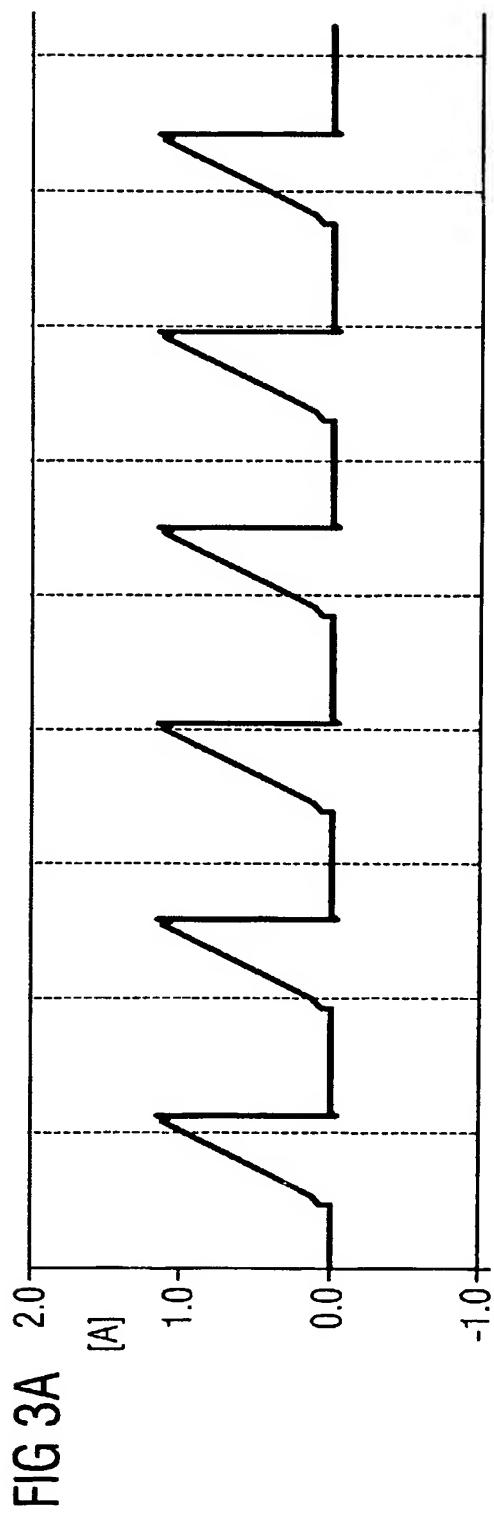
25      9. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die bei einem Entladevorgang des Flyback-Transformators (Tr0) oder der Spule (L1) nach dem Einschwingvorgang messbare Amplitude der gleichgerichteten Entladespannung proportional

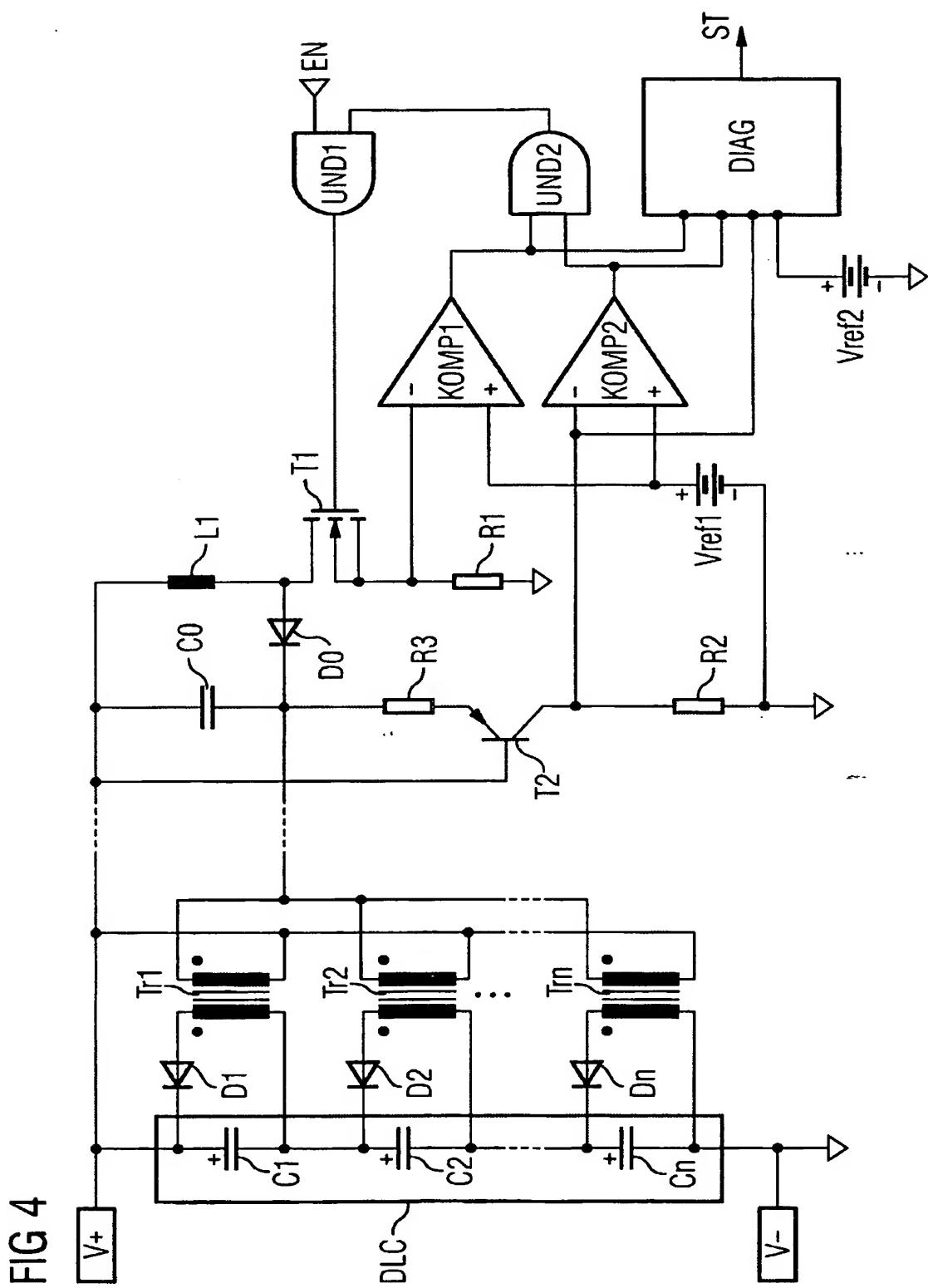
30      zu der momentan niedrigsten Spannung eines Einzelkondensators (C1 bis Cn) des Doppelschichtkondensators (DLC) ist.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die nach dem Einschwingvorgang messbare Amplitude der gleichgerichteten Entladespannung in der Überwachungsschaltung (DIAG) jeweils mit einem oberen und einem unteren 5 Grenzwert verglichen wird, dass von einem einwandfreien Zustand des Doppelschichtkondensators (DLC) ausgegangen wird, solange die gemessenen Werte innerhalb der Grenzwerte liegen, und dass die Überwachungsschaltung (DIAG) ein diesem Zustand ent- 10 sprechendes Statussignal (ST) ausgibt.









# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2005/050050

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H02J7/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H02J H02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 432 639 A (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FOERDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V) 19 June 1991 (1991-06-19) cited in the application column 6, line 34 – line 58 column 7, line 1 – line 57 figure 2 -----	1-10
A	US 5 754 028 A (VEZZINI ET AL) 19 May 1998 (1998-05-19) abstract sentence 34 – sentence 58; figures 1,2 column 7, line 1 – line 57 figure 2 -----	1-10

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the Invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed Invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed Invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
13 May 2005	25/05/2005
Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016	Marannino, E.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2005/050050

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
EP 0432639	A	19-06-1991	DE	3940928 C1		11-07-1991
			DE	59009132 D1		29-06-1995
			EP	0432639 A2		19-06-1991
			ES	2076282 T3		01-11-1995
<hr/>						
US 5754028	A	19-05-1998	FR	2735624 A1		20-12-1996
			AT	206850 T		15-10-2001
			AU	706656 B2		17-06-1999
			AU	5600996 A		02-01-1997
			BR	9602794 A		08-09-1998
			CN	1145542 A ,C		19-03-1997
			DE	69615754 D1		15-11-2001
			DE	69615754 T2		08-08-2002
			EP	0749191 A1		18-12-1996
			JP	9019072 A		17-01-1997
<hr/>						

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2005/050050

## A. KLASSEFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H02J7/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H02J H02M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 432 639 A (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FOERDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V) 19. Juni 1991 (1991-06-19) in der Anmeldung erwähnt Spalte 6, Zeile 34 – Zeile 58 Spalte 7, Zeile 1 – Zeile 57 Abbildung 2	1-10
A	US 5 754 028 A (VEZZINI ET AL) 19. Mai 1998 (1998-05-19) Zusammenfassung Satz 34 – Satz 58; Abbildungen 1,2 Spalte 7, Zeile 1 – Zeile 57 Abbildung 2	1-10

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldeatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung,

eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmeldeatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*8\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

13. Mai 2005

25/05/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL – 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Marannino, E.

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/050050

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0432639	A	19-06-1991	DE	3940928 C1		11-07-1991
			DE	59009132 D1		29-06-1995
			EP	0432639 A2		19-06-1991
			ES	2076282 T3		01-11-1995
US 5754028	A	19-05-1998	FR	2735624 A1		20-12-1996
			AT	206850 T		15-10-2001
			AU	706656 B2		17-06-1999
			AU	5600996 A		02-01-1997
			BR	9602794 A		08-09-1998
			CN	1145542 A ,C		19-03-1997
			DE	69615754 D1		15-11-2001
			DE	69615754 T2		08-08-2002
			EP	0749191 A1		18-12-1996
			JP	9019072 A		17-01-1997

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Docket # 2003P12591

Applic. #

Applicant: Bo12, et al.

Lerner Greenberg Stemer LLP  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101